木虱啮小蜂对枸杞、枸杞木虱的行为反应

段立清[1]，刘宽余[2]，Imre S. OTVOS[3]，冯淑军[1]，李海平[1]，单艳敏[1]

（1. 内蒙古农业大学农学院昆虫教研室，呼和浩特　010019；2. 东北林业大学森林资源管理学院昆虫教研室，哈尔滨　150040；3. Canadian Natural Resource，Pacific Forestry Center，Victoria BC V8Z 1M5，Canada）

摘要：木虱啮小蜂 *Tetrastichus* sp. 是枸杞木虱 *Paratrioza sinica* Yang & Li 若虫外寄生蜂，是控制枸杞木虱种群数量动态的重要因子之一。为查明其寻找寄主的信息素，应用四臂嗅觉仪、培养皿两种方法测定了枸杞 *Lycium barbarum* L. 的健康叶、虫伤叶、枸杞木虱若虫、若虫与叶复合体、卵与叶复合体和若虫分泌物等不同物质对木虱啮小蜂行为反应的影响。结果证明枸杞木虱若虫分泌物对木虱啮小蜂有明显的吸引作用，四臂嗅觉仪测定时有 73% 的雌蜂趋向分泌物材料区（$P = 0.0000$）。枸杞健康叶，虫伤叶及其水、正丁烷提取物，卵与枸杞叶复合体对木虱啮小蜂无明显吸引作用。木虱若虫水提物及正丁烷提取物在培养皿中可吸引木虱啮小蜂并可引起刺探行为，但嗅觉仪测定时单独若虫并不吸引木虱啮小蜂，只有活体若虫与枸杞叶片复合体才对木虱啮小蜂有吸引作用（$P = 0.0004$）。木虱啮小蜂通过与寄主若虫的接触，可提高其搜索效率。接触过寄主若虫的雌蜂第一次找到寄主的时间显著少于未曾接触寄主若虫的雌蜂，前者只用后者 1/4 的时间，说明该寄生蜂能对其寄主若虫进行学习。

关键词：木虱啮小蜂；枸杞木虱；行为反应；学习行为；嗅觉仪

中图分类号：Q968　　**文献标识码**：A　　**文章编号**：0454-6296(2005)05-0725-06

Behavior responses of *Tetrastichus* sp., an ectoparasitiod wasp, to its host, *Paratrioza sinica* Yang & Li and host plant, *Lycium barbarum* L.

DUAN Li-Qing[1]，LIU Kuan-Yu[2]，Imre S. OTVOS[3]，FENG Shu-Jun[1]，LI Hai-PING，SHAN Yan-Min[1]（1. Agricultural College，Inner Mongolia Agricultural University，Huhhot 010019，China；2. College of Forestry Resource Management，Northeast Forestry University，Harbin 150040，China；3. Canadian Natural Resource，Pacific Forestry Center，Victoria，BC V8Z 1M5，Canada）

Abstract: *Tetrastichus* sp. is an ectoparasitoid wasp of wolf-berry psyllid，*Paratrioza sinica* Yang & Li. It plays an important role in controlling the population dynamics of wolf-berry psyllid which is one of the most serious pests of wolf berry，*Lycium barbarum* L. In order to understand how the wasps find their victims，their responses to extracts from host and host plant were tested using four-arm olfactometer and Petri dishes. The results showed that female wasps responded significantly and positively to nymph secretion and the complex of fresh leaves and nymph but not to intact host plant leaves，damaged host plant leaves and complex of leaves and eggs. Seventy-three percent of the female wasps were attracted to the arm with nymph secretion ($P = 0.0000$). Female wasps preferred nymph secretion and extracts of nymph (both water and *n*-butane extracts) significantly and they tapped using antennae and some probed with ovipositor the samples in Petri dishes. The complex of living nymph and wolf-berry leaves attracted the wasps significantly ($P = 0.0004$). The host searching time of a female wasp with experience of contacting with its host was significantly less than that of a female without the experience. The former was only about one fourth of the latter. This suggests that the wasp has learning ability.

Key words: *Tetrastichus* sp.；*Paratrioza sinica*；behavior responses；learning behavior；olfactometer

近年来，国内外越来越重视对天敌昆虫行为的研究，其目的是通过对天敌昆虫行为的调控而增加其对害虫的控制作用。要达到该目的就必须对天敌昆虫的生物学，特别是天敌寻找寄主的行为有清楚的了解。天敌昆虫寻找寄主的行为受到多种因素的影响，其中化学信息素起着非常重要的作用。化学

基金项目：国家自然科学基金项目(30060072)；内蒙古林业厅科技资助项目(0021504)

作者简介：段立清，女，1960 年 8 月生，内蒙古武川县人，博士，教授，从事害虫生物防治研究，E-mail：renew@public.hh.nm.cn

收稿日期 Received：2004-11-05；接受日期 Accepted：2005-06-02

信息素可源于其寄主昆虫取食的植物，也可源于其寄主昆虫本身。植物源信息素可来自植物本身气味或植物受害后被诱导所产生的气味，如十字花科植物挥发性物质异硫氰酸丙烯酯不仅能引诱甘蓝种蝇 *Delia brassicae*、甘蓝蚜 *Brevicoryne brassicae* 等害虫，而且还能引诱甘蓝蚜的寄生蜂菜少脉蚜茧蜂 *Diaeretiella rapae*（Miller and Strickler，1984）；玉米苗被甜菜夜蛾 *Laphygma exigua* Hübner 危害后挥发大量萜类化合物，它们对 *Cotesia marginiventris* 有引诱作用（Turlings *et al*.，1991）。寄主昆虫源信息素可源于卵表面（陶淑霞等，2000）、幼虫的粪便（Van Leerdam *et al*.，1985；胡京生和陈常铭，1987）、上颚腺（Takabayashi *et al*.，1985；Clement *et al*.，1986）、幼虫表皮（Burks and Netles，1978）、蜕（Takabayashi *et al*.，1985）、成虫的鳞片（邹卫辉等，2002）、性腺（高其康和胡翠，1995）等。寄主源信息素与植物源信息素相比气味量微小，可检测性低，目前所研究的寄主源信息素除昆虫性信息素外都难以在远距离被检测到。因此，在合适生境的选择中，植物源信息素和寄主昆虫源信息素均起着关键作用，而寄主源信息素的重要性则随着离寄主距离的缩短而增加（Steinberg *et al*.，1993）。

木虱啮小蜂 *Tetrastichus* sp. 是影响木虱种群动态的关键因子之一（唐桦，1997；段立清等，2000）。它是枸杞木虱 *Paratrioza sinica* Yang et Li 若虫的外寄生蜂，自然寄生率可达 68.5%（段立清等，2002）。国内外对木虱啮小蜂的研究很少，对其寄生行为及其机制的研究还是空白。作者就来自枸杞和枸杞木虱的化学气味物质对木虱啮小蜂寄主选择行为的影响进行了研究，同时对其学习行为也进行了初步探讨，结果报道如下。

1　材料与方法

1.1　寄生蜂来源

木虱啮小蜂是从内蒙古农业大学科技园区及校园内枸杞片林采得。采集被寄生的枸杞木虱若虫（连同叶片）保鲜在广口瓶中。寄生蜂羽化后移入另一个广口瓶，用滤纸条蘸取 15% 的蜂蜜水，悬于瓶中供寄生蜂取食。雌雄混合饲喂，交尾后辨别雌雄，将雌性单个移入指形管中备用。

1.2　四臂嗅觉仪的制作

按照 Vet（1983）介绍的四臂嗅觉仪原理及构造图，用无色透明有机玻璃自制。

1.3　气味物质

嗅觉仪测定的气味物质源包括枸杞健康叶、受害叶、带有枸杞木虱若虫的叶虫复合体、带有木虱卵的叶卵复合体及木虱分泌物。培养皿测定的气味物质源是以上物体的水提物和正丁烷提取物：分别称取 3 g 健康枸杞叶片，研碎，加蒸馏水或正丁烷 10 mL；分别称取 3 g 受害枸杞叶片，研碎，加蒸馏水或正丁烷 10 mL；分别称枸杞木虱分泌物 20 mg，加蒸馏水或正丁烷 10 mL；分别称取 100 mg 枸杞木虱若虫，加蒸馏水或正丁烷 10 mL。以上溶液分装于青霉素小瓶中，置 4℃的冰箱中浸渍 24 h 备用。

1.4　生物测定

1.4.1　四臂嗅觉仪法测定木虱啮小蜂的嗅觉行为反应：测定时先用 NH_4OH 和 HCL 测试调节气流速度为 370 mL/min，在此速度下四臂嗅觉仪的 4 个区域分界明显。将四臂嗅觉仪放在自制的规格为 80 cm × 80 cm × 30 cm 的台架中，台架四面为 4 只 25 W 的日光灯，使四臂嗅觉仪各个方向的光照相同，台架外面用遮光布覆盖（只留一个观测孔）。嗅觉仪进气口用活性炭过滤空气，以排除空气中其他气味的干扰。室内温度为 25～27℃，相对湿度为 45%～56%。测定时任选一臂为材料区，其他三臂为空气，每次测定 1 头雌蜂，每头雌蜂观测 10 min，10 min 内在某一臂的最终选择区（图 1）停留 10 s 以上的就记为趋向该臂，并观察寄生蜂在嗅觉仪内的行动轨迹。测定 5 头后，将供试材料臂调换方位，并用 95% 的酒精清洗嗅觉仪，每种材料测定 30 头雌蜂，10 min 内未到达某一臂的最终选择区的雌蜂不记入实验数内。

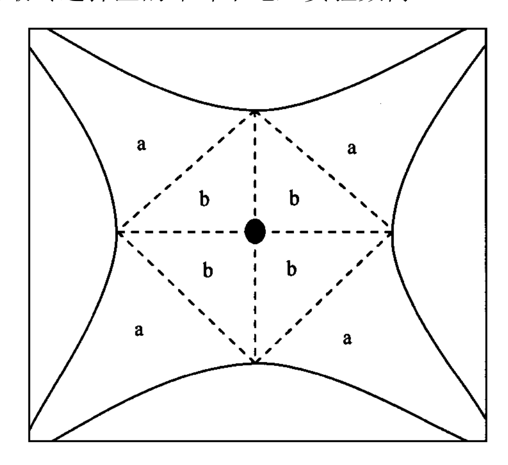


图 1　四臂嗅觉仪分区示意图

Fig. 1　Area division of olfactometer exposure chamber

a：最终选择区 Final choice area；

b：最初选择区 First choice area.

1.4.2　培养皿法观察行为反应：培养皿中雌蜂群体行为反应的观察：剪与枸杞木虱大小相近的 φ =

0.5 cm 大小的滤纸片，蘸取样品，自然晾干，放置在 φ = 12 cm 的培养皿中，每皿 3 个小纸片，等腰三角形式放置，两纸片间距离为 6 cm，然后接入 20 头雌蜂，5 min 后记录纸片上的雌蜂数量；对照用小滤纸片蘸蒸馏水或正丁烷，用同样的方式放置在另一培养皿中；每次 3 个重复，每个样品测定 8 次。

培养皿中雌蜂个体行为反应的观察：用 1 cm × 1 cm 大小的滤纸片蘸取供试样品，放置在 φ = 12 cm 的培养皿中，晾干。以蒸馏水或正丁烷作对照。对照材料与供试材料放在同一直径的对应位置上，两者间隔 8 cm。自培养皿中心引入 1 头雌蜂，每头雌蜂观察 10 min，并记录雌蜂接触滤纸片的次数和在滤纸片上搜索、刺探的次数，搜索、刺探的判断：当雌蜂遇到样品时，用触角反复敲打检查，有时用产卵管刺探并在样品上停留 10 s 以上。每个样品 20 个重复。该实验对照与供试材料同皿，主要目的是观察木虱啮小蜂对供试材料的接触、探索与刺探行为。

1.5　木虱啮小蜂的学习行为及其寻找寄主效率测定

将木虱啮小蜂蛹体从枸杞木虱体下挑出，保湿于小指型管中，待其羽化后，供给 15% 的蜜蜂水，雌雄交尾后，将雌蜂分为两组，一组和枸杞木虱 4 龄若虫接触 1 h，作为有学习经历组；另一组不接触任何寄主物质，作为无学习经历组。在 φ = 12 cm 的培养皿中放一张滤纸，分别在 φ = 8 cm 和 φ = 10 cm 处均匀交叉地放置 8 头枸杞木虱若虫，之后引入一头雌蜂于培养皿中心，观察记录雌蜂第一次搜索到寄主的时间，将被寄生蜂接触过的若虫移去，重新换上新的未被接触过的若虫。每头雌蜂连续观测 5 次，每次均以雌蜂从培养皿中心开始搜索记时，每组测定 16 头雌蜂。

1.6　数据处理

采用唐启义和冯明光（2002）实用统计分析及其 DPS 数据处理系统，对嗅觉仪测定的数据用两处理率差别检验进行分析；用配对 T 检验对培养皿测定、群体行为和学习行为进行差异显著性分析。

2　结果与分析

2.1　四臂嗅觉仪测定木虱啮小蜂对枸杞、枸杞木虱的嗅觉行为反应

当四臂嗅觉仪的每一臂均为空气时测定木虱啮小蜂对各臂的选择性，测定 30 头雌蜂，进入四臂的雌蜂数分别为 8、8、7、7，选其中之一与其他三臂的平均数做两处理率差别检验，各臂之间无显著差异（$P = 0.8473$），证明木虱啮小蜂在无任何气味源情况下进入某一臂是随机的。枸杞木虱若虫分泌物、木虱若虫活体与叶片复合体对木虱啮小蜂有极明显的吸引作用（图 2），73% 的木虱啮小蜂进入有枸杞木虱分泌物一臂的最终选择区（$t = 5.0723$，$P = 0.0000$），60% 的木虱啮小蜂进入有木虱若虫活体与叶片复合体一臂的最终选择区（$t = 3.7509$，$P = 0.0004$）。若虫、新鲜叶、虫伤叶及叶卵复合体对木虱啮小蜂均无明显的吸引作用，进入材料臂最终选择区的雌蜂数与其他臂无显著差异。

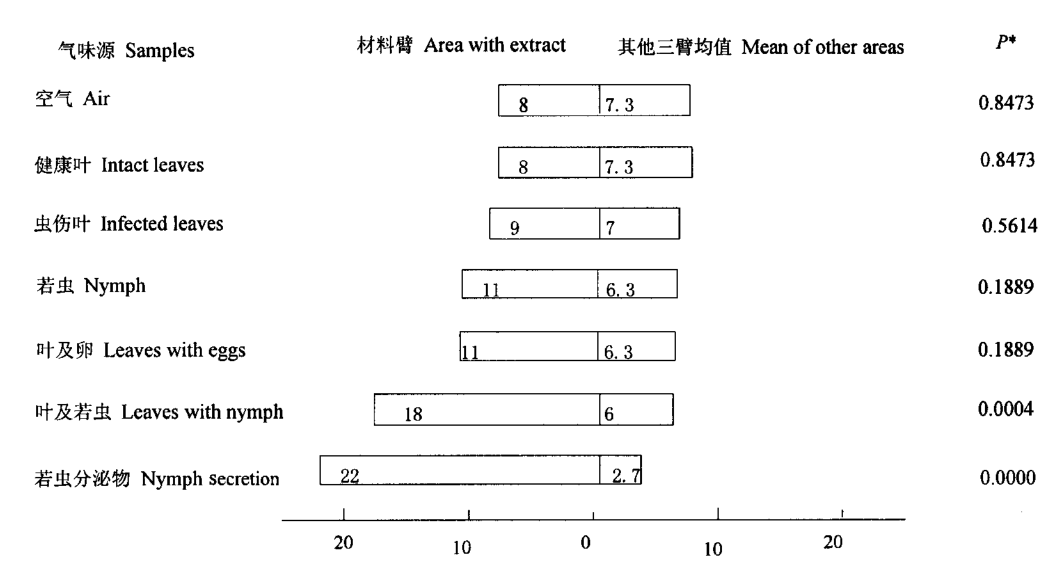


图 2　四臂嗅觉仪测定木虱啮小蜂对寄主及寄主植物的嗅觉行为反应

Fig. 2　Behavior responses to extracts from host and host plants in four arms olfactometer

* 两处理率差异水平显著 Two treatments have significant difference.

2.2 木虱啮小蜂在四臂嗅觉仪内的行动轨迹

由图 3 可见木虱啮小蜂在四臂嗅觉仪中的行动轨迹大致可分为 3 种类型：第一种类型如图 3(a)，雌蜂由进入口出现的位置恰好是材料区；第二种类型如图 3(b)，雌蜂由进入口出现的位置是靠近材料区；第三种类型如图 3(c)，雌蜂由进入口出现的位置离材料区较远。雌蜂进入嗅觉仪后会行走、转弯、停顿，在气味区与对照区边缘的停动、转弯更多一些。

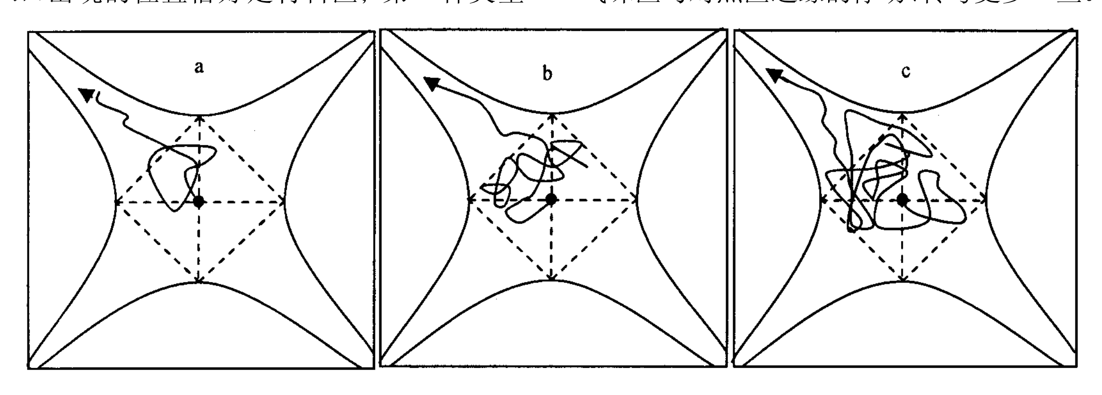


图 3 木虱啮小蜂在四臂嗅觉仪中的行动轨迹

Fig. 3 *Tetrastichus* sp. walking track in the olfactometer

2.3 培养皿法测定木虱啮小蜂对供试样品的嗅觉行为反应

培养皿群体测定进一步表明木虱啮小蜂对若虫分泌物的水及正丁烷提取物表现出较强的趋性(表 1)，在该滤纸片上的雌蜂数均明显多于对照区。若虫的正丁烷及水提取物小滤纸片上的雌蜂数与对照区也有一定差异。虫伤叶及健康叶水提物及正丁烷提取物小滤纸片上的雌蜂数均与对照无显著差异。

表 1 木虱啮小蜂对供试样品的群体行为反应

Table 1 Group behavior responses of the female wasps to extracts in petri dish

供试样品 Extracts	滤纸片上的蜂数 Number of wasps on pieces of paper		
	处理 Treatment	对照 Control	*P*
健康叶水提物 Intact leaves water extract	1.38 ± 0.52	0.88 ± 0.64	0.1036
健康叶正丁烷提物 Intact leaves *n*-butane extract	1.36 ± 0.52	1.13 ± 0.35	0.1750
虫伤叶水提物 Infected leaves water extracts	1.38 ± 0.52	1.25 ± 0.46	0.3506
虫伤叶正丁烷提物 Infected leaves *n*-butane extract	1.63 ± 0.52	1.25 ± 0.46	0.0796
若虫水提物 Nymph water extract	2.75 ± 1.04	1.25 ± 0.46	0.0093
若虫正丁烷提取物 Nymph *n*-butane extract	3.13 ± 0.83	1.25 ± 0.46	0.0022
若虫分泌物水溶液 Nymph secretion water extract	4.50 ± 1.20	1.38 ± 0.52	0.0001
若虫分泌物正丁烷溶液 Nymph secretion *n*-butane extract	5.25 ± 1.39	1.38 ± 0.52	0.0002

配对法 *t* 检验 N = 8。表中数据是平均值 ± 标准差，下同。Paired *t*-test N = 8. Data in the table are mean ± *SD*, and the same below.

表 2 木虱啮小蜂在培养皿中对供试样品的行为反应

Table 2 Behavior response of female wasps to different extracts in petri dishes

供试样品 Extracts	接触次数 Number of contacts			探索与刺探次数 Number of exploring and probing		
	处理 Treatment	对照 Control	*P*	处理 Treatment	对照 Control	*P*
健康叶水提物 Intact leaves water extract	0.90 ± 0.64	0.60 ± 0.50	0.1143	0	0	–
健康叶正丁烷提物 Intact leaves *n*-butane extract	0.85 ± 0.59	0.65 ± 0.64	0.2967	0	0	–
虫伤叶水提物 Infected leaves water extract	0.90 ± 0.55	0.75 ± 0.64	0.4528	0	0	–
虫伤叶正丁烷提物 Infected leaves *n*-butane extract	0.75 ± 0.44	0.55 ± 0.51	0.2963	0	0	–
若虫水提物 Nymph water extract	1.20 ± 0.52	0.60 ± 0.50	0.0003	0.45 ± 0.51	0.45 ± 0.51	0.0021
若虫正丁烷提取物 Nymph *n*-butane extract	1.30 ± 0.57	0.50 ± 0.51	0.0008	0.55 ± 0.51	0.05 ± 0.22	0.0003
若虫分泌物水溶液 Nymph secretion water extract	1.45 ± 0.60	0.45 ± 0.51	0.0000	0.90 ± 0.45	0.05 ± 0.22	0.0000
若虫分泌物正丁烷溶液 Nymph secretion *n*-butane extract	1.20 ± 0.52	0.55 ± 0.51	0.0020	0.70 ± 0.47	0.45 ± 0.51	0.0000

配对法 *t* 检验 N = 20。Paired *t*-test N = 20.

2.4 木虱啮小蜂对样品的行为反应

由表 2 可见木虱啮小蜂对枸杞健康叶水提物和正丁烷提取物、虫伤叶水提物和正丁烷提取物的接触、探索与刺探次数与对照（蒸馏水或正丁烷）无显著差异（$P > 0.1$）。对枸杞木虱若虫体的水提物及正丁烷提取物的接触、探索与刺探次数与对照差异显著（$P \leqslant 0.0021$）。对若虫分泌物的水溶物及正丁烷提取物均有极强的趋向性，接触、探索与刺探次数与对照差异极显著（$P \leqslant 0.0000$）。

2.5 木虱啮小蜂的学习行为及其对寻找寄主效率的影响

表 3　木虱啮小蜂学习行为及其寻找寄主的时间变化

Table 3　Reduction of host searching time of female wasps by learning

找寄主的次序 Host searching sequence	寻找寄主的时间（秒） Searching time（s）		P
	接触寄主 Group with experience	未接触寄主 Group without experience	
1	82.5 ± 6.7	364.8 ± 53.3	0.0000
2	81.6 ± 8.3	123.4 ± 49.0	0.0033
3	65.1 ± 14.0	79.1 ± 13.6	0.0353
4	47.8 ± 9.2	74.3 ± 14.6	0.0000
5	37.6 ± 8.3	47.3 ± 15.5	0.0221

配对法 t 检验 N = 16。Paired t-test N = 16.

由表 3 中可见，接触过寄主与未接触过寄主的木虱啮小蜂雌蜂第 1 次找到寄主所需要的时间差异极显著，接触过寄主的雌蜂第一次找到寄主的平均时间为（82.5 ± 6.7）s，未接触过寄主的雌蜂第 1 次找到寄主的平均时间为（364.8 ± 53.3）s，前者只有后者的 1/4。此外，不论是接触过寄主还是未接触过寄主的雌蜂，第 1 次找到寄主的时间和第 5 次找到寄主的时间有明显差异（$P < 0.01$），找到寄主的时间趋向依次越来越短，由此可见木虱啮小蜂经过与寄主接触后寻找寄主的时间减少，效率明显提高，说明它们对寄主若虫有明显的学习行为，学习可提高其搜索效率。

3 讨论

在枸杞-枸杞木虱-木虱啮小蜂三重营养关系中，木虱啮小蜂寻找寄主所依赖的化学信息素主要源于木虱若虫分泌物，嗅觉仪测定与培养皿群体测定结果均证明这一结论，而且，其信息素物质可溶于蒸馏水及正丁烷。嗅觉仪测定时枸杞叶和木虱若虫复合体对木虱啮小蜂有明显的吸引作用，单独实验时木虱若虫体、枸杞健康叶、受害叶对木虱啮小蜂均无明显吸引作用。但在培养皿中，木虱若虫体的水提物及正丁烷提取物可引起木虱啮小蜂的刺探行为，可推测枸杞木虱若虫体具有引起木虱啮小蜂探测、刺探行为的化学物，这种物质可能与其产卵有关；另外，可能与信息素的量及其可检性有关，相对于培养皿来说四臂嗅觉仪测定时，木虱啮小蜂距信息素源的距离远，而源于虫体的信息素的量及其在该距离内的可检测性是值得注意的，正如 Steinberg 等（1993）指出的寄生蜂寻找寄主过程中所存在的信息素的可靠性及可测性问题一样。

木虱啮小蜂通过与寄主若虫的接触，可提高其搜索效率，接触过寄主若虫的雌蜂第一次找到寄主的时间明显少于未曾接触寄主若虫的雌蜂，说明该蜂能对其寄主若虫进行学习。寄生蜂的学习行为是一个复杂的问题，受其自身发育阶段及成虫期经历的影响（刘树生等，2003）。学习行为的改变可能是昆虫内部神经系统复杂过程的改变，而且嗅觉感受器对气味的感觉也可通过经历而改变（Vet *et al*.，1990）。对于木虱啮小蜂的学习行为有待于进一步深入研究。

参 考 文 献（References）

Burks ML，Nettles WCJr，1978. *Eucelatoria* sp.：Effects of cuticular extracts from *Heliothis virescens* and other factors on oviposition. *Environ. Entomol*.，7(5)：897 – 900.

Clement SL，Rubink WL，McCartney DA，1986. Larvipostion response of *Bonnetia comta*（Diptera：Tachinidae）to a kairomone of *Agrotis ipsilon*（Lepidoptera：Noctuidae）. *Entomoghaga*，31：277 – 284.

Duan LQ，Te MQ，Feng SJ，Gao XP，2000. Study on life-table of *Paratrioza sinica* Yang *et* Li in Huhhot. *J. Inner Mongolia Agric. Univ*.，21(1)：58 – 62.［段立清，特木钦，冯淑军，高小平，2000. 枸杞木虱自然种群平均生命表及其分析. 内蒙古农业大学学报，21(1)：58 – 62］

Duan LQ，Feng SJ，Li HP，Zou XL，2002. Behavior and bionomics of the ectoparasitoid *Tetrastichus* sp. of the wolf berry psyllid（*Paratrioza sinica*）. *Entomol. Knowl*.，39(6)：439 – 441.［段立清，冯淑军，李海平，邹晓林，2002. 枸杞木虱啮小蜂寄生行为及生物学特性的研究. 昆虫知识，39(6)：439 – 441］

Gao QK，Hu C，1995. Source and characterization of a host egg recognition kairomone of *Telenomus theophilae* Wu *et* Chen. *J. Zhejiang Agric. Univ*.，21(6)：583 – 587.［高其康，胡翠，1995. 野蚕黑卵蜂寄主识别利他素的来源及性质. 浙江农业大学学报，21(6)：583 – 587］

Hu JS，Chen CM，1987. A study on the host-searching kairomone of *Apanteles cypris* Nixon. *Acta Entomol. Sin*.，30(1)：31 – 40.［胡京生，陈常铭. 1987. 纵卷叶螟绒茧蜂搜索利他素的研究. 昆虫学

报，30(1)：31－40]

Liu SS，Jiang LH，Li YH，2003. Learning in adult hymenopterous parasitoids during the process of host-foraging. *Acta Entomol. Sin.*，46(2)：228－236.[刘树生，江丽辉，李月红，2003. 寄生蜂成虫在寄主搜索过程中的学习行为. 昆虫学报，46(2)：228－236]

Miller JR，Strickler KL，1984. Finding and accepting host plants. In：Bell WJ，Cardé RT eds. Chemical Ecology of Insect. London：Chapman & Hall. 127－157.

Steinberg S，Dicke M，Vet LEM，1993. Relative importance of infochemicals from first and second trophic level in long-range host location by the larval parasitoid *Cotesia glomerata*. *J. Chem. Ecol.*，19：47－59.

Takabayashi J，Noda T，Takahashi S，1985. Effect of kairomones in the host searching behavior of *Apanteles kariyai* Watanabe (Hymenoptera：Braconidae)，a parasitoid of the common armyworm *Pseudaletia separata* Walker (Lepidoptera：Noctuidae)，presence of arresting stimulants produced by the host larvae. *Appl. Entomol. Zool.*，20：484－489.

Tao SX，Wan FH，Tong ZH，Zhao KJ，2000. Allelochemicals for egg parasitoids，*Trichogramma chilonis* and *T. dendrolimi*：resources and activity bioassay. *Sci. Agr. Sin.*，33(6)：59－66.[陶淑霞，万方浩，仝赞华，赵奎军，2000. 引诱赤眼蜂产卵的他感化合物物质源研究及生物活性测定. 中国农业科学，33(6)：59－66]

Tang H，1997. The protection and utilization of the enemies of *Paratrioza sinica* Yang *et* Li. *Entomol. Knowl.*，34(6)：341－343.[唐桦，1997. 枸杞木虱天敌的保护与利用. 昆虫知识，34(6)：341－343]

Turlings TCJ，Tumlinson JH，Eller FJ，Lewis WJ，1991. Larval-damaged plant：source of volatile synomones that guide the parasitoid *Cotesia marginiventris* to the micro habitat of its hosts. *Entomol. Exp. Appl.*，58：75－82.

Van Leerdam MB，Smith JWJr，Fuchs TW. 1985. Frass-mediated host-finding behavior of *Cotesia flavipes*，a braconid parasite of *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera：Pyralidae). *Ann. Ent. Soc. Amer.*，78(5)：647－650.

Vet LEM，Van Lenteren JC，Heymans M，Meelis E，1983. An airflow olfactometer for measuring olfactory responses of hymenopterous parasitoids and other small insects. *Physiol. Entomol.*，8：97－106.

Vet LEM，de Jong R，Van Giessen WA，Visser JH，1990. A learning-related variation in electroantennogram responses of a parasitic wasp. *Physiol. Entomol.*，15：243－247.

Zou WH，Lei CL，Zhang F，2002. Effect of the host kairomone on the host selection *Trichogramma japonicum*. *Entomol. Knowl.*，39(5)：370－373.[邹卫辉，雷朝亮，张凡，2002. 寄主利他素对稻螟赤眼蜂寄生行为的影响. 昆虫知识，39(5)：370－373]

(责任编辑：袁德成)